

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 09-311354

(43)Date of publication of application : 02.12.1997

(51)Int.Cl.

G02F 1/141  
G02F 1/133

(21)Application number : 08-123283

(71)Applicant : SHARP CORP  
UK GOVERNMENT

(22)Date of filing : 17.05.1996

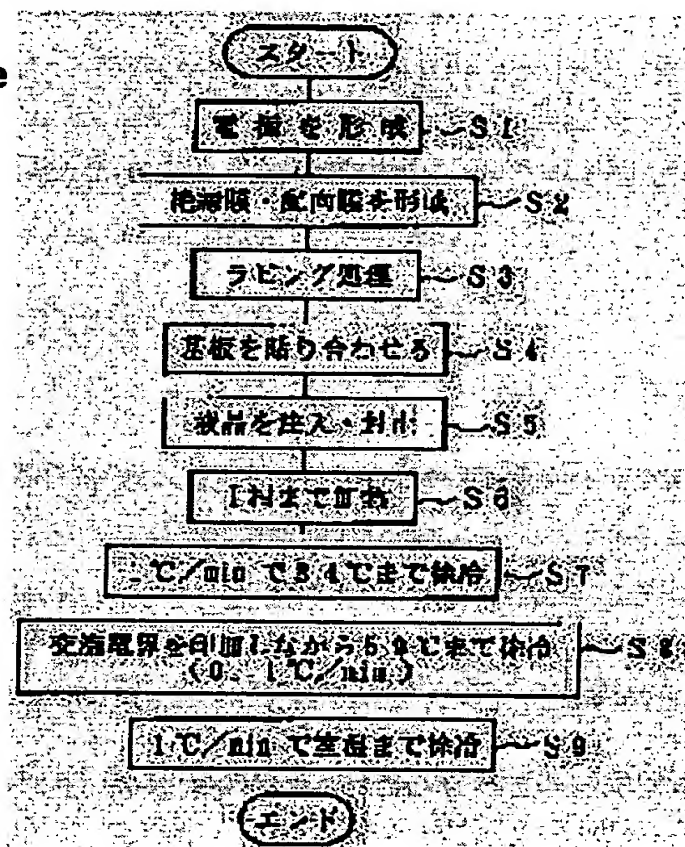
(72)Inventor : SAKO SADAHIRO  
ITO NOBUYUKI  
KODEN MITSUHIRO  
JOHN CLIFFORD JONES

## (54) PRODUCTION OF LIQUID CRYSTAL DISPLAY ELEMENT

### (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To increase a memory angle and to obtain a bright and high contrast by executing slow cooling while impressing AC electric fields to generate an electric inclination effect in a transition stage from a smectic A (SmA) phase to a chiral smectic C (SmC) phase.

**SOLUTION:** The liquid crystal panel formed in stages S1 to S5 is heated (S6) to a temp. at which a ferroelectric liquid crystal material exhibits an I phase and thereafter, a temp. falling process of executing the slow cooling at a rate of 1°C/min is started (S7). In this process, the ferroelectric liquid crystal material causes the phase transition from the N\* phase to the SmC\* phase. The slow cooling is executed (S8) at a rate of 0.1°C/min while the AC electric fields of a frequency 10Hz and voltage 20V are impressed on the liquid crystal material between the temp. higher by 15°C than phase transition from the SmA phase to the SmC\* phase to the temp. lower by 10°C than the same, i.e., between 84°C and 59°C. The slow cooling down to room temp. is executed at a rate of 1°C/min after the temp. of the liquid crystal material falls below 59°C, by which the liquid crystal material is made to exhibit the SmC\* phase indicating uniform orientation (S9).



### LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

BEST AVAILABLE COPY

**[Patent number]**

**[Date of registration]**

**[Number of appeal against examiner s decision  
of rejection]**

**[Date of requesting appeal against examiner s  
decision of rejection]**

**[Date of extinction of right]**

**Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office**

特開平9-311354

(43) 公開日 平成9年(1997)12月2日

(51) Int.Cl. <sup>8</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 2 F	1/141		C 0 2 F	5 1 0
	1/133	5 6 0		5 6 0

審査請求 未請求 請求項の数2 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願平8-123283

(22) 出願日 平成8年(1996)5月17日

(71) 出願人 000005049

シャープ株式会社

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号

(74) 代理人 弁理士 原 謙三

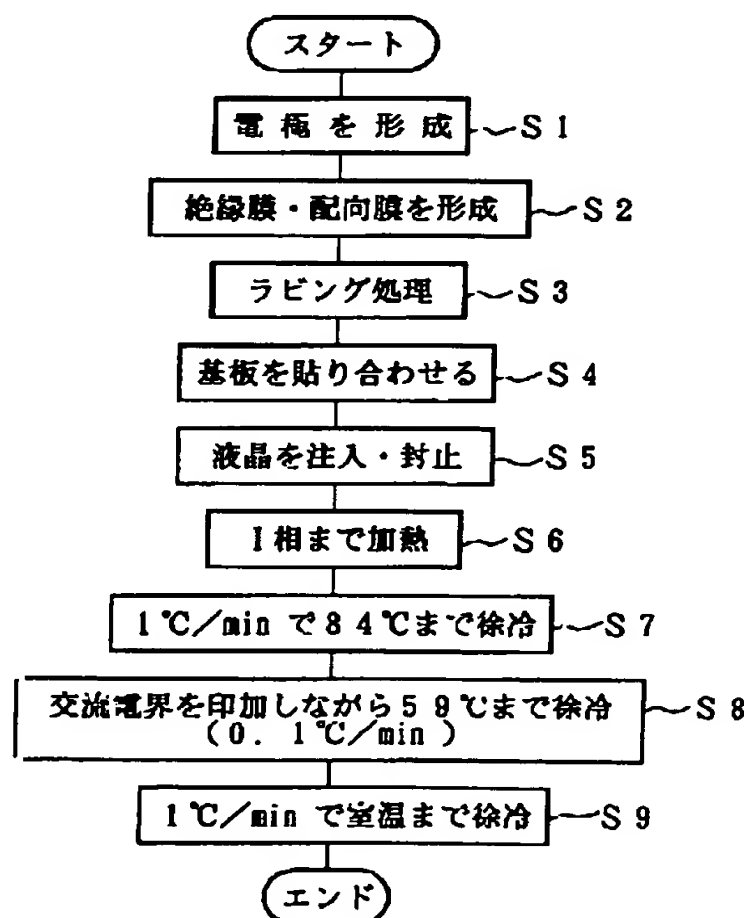
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 液晶表示素子の製造方法

(57) 【要約】

【課題】 強誘電性あるいは反強誘電性液晶を用いた液晶表示素子において、均一な配向と高い応答速度を保ちつつ、液晶層の構造を理想的なブックシェルフ型に近づけ、明るく且つ高いコントラストを有する液晶表示素子を提供する。

【解決手段】 液晶材料がアイソトロピック相を呈する温度まで一旦加熱した後に徐冷する降温過程において、スメクティックA相からカイラルスメクティックC相への相転移点よりも20℃高い温度から、上記相転移点よりも20℃低い温度までの温度範囲で、電傾効果を生じさせる交流電界を液晶材料へ印加しながら徐冷を行う。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 一对の基板間に液晶材料を挟持し、加熱した後徐冷することにより上記液晶材料を所望の相へ転移させる液晶表示素子の製造方法において、

上記液晶材料として強誘電性液晶材料および反強誘電性液晶材料のいずれか一方を用いると共に、スメクティックA相からカイラルスメクティックC相への転移過程において、電傾効果を生じさせる交流電界を印加しながら徐冷することを特徴とする液晶表示素子の製造方法。

【請求項2】 上記交流電界の印加を開始するときの液晶材料の温度を $T_B$ 〔℃〕、上記交流電界の印加を終了するときの液晶材料の温度を $T_E$ 〔℃〕、上記液晶材料におけるスメクティックA相からカイラルスメクティックC相への相転移温度を $T_C$ 〔℃〕とすると、

$$T_C \leq T_B \leq T_C + 20 \quad \text{かつ} \quad T_C - 20 \leq T_E \leq T_C$$

を満たすと共に、

上記交流電界の周波数が1Hz～10KHz、電場振幅が0.5～30V/ $\mu\text{m}$ であることを特徴とする請求項1記載の液晶表示素子の製造方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、強誘電性液晶あるいは反強誘電性液晶を用いた液晶表示素子の製造方法に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 旧来、例えば、ネマティック液晶を用いたTN(Twisted Nematic)型およびSTN(Super-Twisted Nematic)型の液晶表示素子が知られている。しかしこれらの液晶表示素子は、電気光学効果の応答速度がmsオーダーと遅いため、高速駆動を行おうとすると、画面に乱れが生じたり、コントラストが低下したりするという欠点があり、表示可能な容量に限界があった。そこで、近年、次世代の液晶表示素子として、強誘電性あるいは反強誘電性液晶を用いた液晶表示素子の実用化が検討されている。

【0003】 1975年に、R. B. Meyerらは分子の対称性の議論から、光学活性な分子が分子長軸に対して垂直な方向に双極子モーメントを持っていればカイラルスメクティックC相(SmC\*相)で強誘電性を示すことを予想し、DOBAMBC(2-methylbutyl p-[p-(decyloxybenzylidene)-amino]-cinnamate)を合成し、液晶において初めて強誘電性を確認することに成功した(R. B. Meyer, L. Liebert, L. Strzelecki and P. Keller: J. Phys. (Paris) 36(1975) L69. 参照)。

【0004】 ここで、強誘電性を示すSmC\*相の構造について説明する。SmC\*相では、層内における液晶分子の重心位置は無秩序であるが、図6(a)中にコーン101として模式的に示すように、液晶分子の長軸(ダイレクタ102)は、スメクティック層を区切る層

面103の法線である層法線zに対して一定の角度 $\theta$ だけ傾いている。なお、ダイレクタ102の傾く方向は層から層へ僅かずつずれ、この結果、液晶分子の配向は螺旋構造をなしている。螺旋のピッチ(ヘリカルピッチ)は1 $\mu\text{m}$ 程度であり、約1nmの層間隔よりはるかに大きい。このような分子配列をもつ相は、強誘電性液晶だけでなく、反強誘電性液晶においても確認されている(A. D. L. Chandani, T. Hagiwara, Y. Suzuki, Y. Ouchi, H. Takezoe and A. Fukuda: Jpn. J. Appl. Phys. 27(1988) L729. 参照)。

【0005】 ClarkとLagerwallは、セル厚が1 $\mu\text{m}$ 程度(螺旋のピッチと同程度)以下になると、この螺旋構造が消滅し、図6(b)に示すように、各層の分子104が印加される電界に応じて双安定状態のいずれかをとることを発見し、表面安定化型強誘電性液晶表示素子(SSFLC: surface stabilized ferroelectric liquid crystal)を提案した。これは、特開昭56-107216号公報、および米国特許第4367924号明細書等の開示されている。なお、図6(b)では、分子104に印加されている電界の向きは、紙面に対して垂直かつ紙面裏側から表側へ向かう方向である。そして、分子104の電気双極子モーメントは、同図(b)において各分子内に示すように、印加電界の向きにすべて揃う。

【0006】 図7を参照しながらその動作原理について説明する。上述したように、薄セルとして形成されたSSFLCの分子104は、同図に示すとおり、印加される電界の方向に応じて、状態AおよびBの2つの安定状態のいずれかをとる。なお、図7に示す状態Aでは、分子104に印加されている電界の向きは、同図の紙面に対して垂直かつ紙面表側から裏側へ向かっており、状態Bでは、紙面に対して垂直かつ紙面裏側から表側へ向かう方向である。

【0007】 このため、直交する2枚の偏光子の間に、例えば状態Bのときの分子長軸が偏光子の一方の方向(同図中に矢印で示す方向111)と平行になるように、SSFLCセルを配置することにより、状態Aの場合には光が透過されて明状態となり、状態Bの場合には光が遮断されて暗状態となる。すなわち、印加電界の方向を切り替えることによって、白黒の表示を行うことが可能となる。なお、分子が双安定状態の一方の状態(例えば状態A)にある場合の光軸の向きと、該分子が他方の状態(例えば状態B)に切り替わった場合の光軸の向きとがなす見かけの角度をメモリ角と称する。

【0008】 SSFLCでは、自発分極と電場とが直接相互作用するために、通常のネマティック液晶における誘電異方性を用いたスイッチングとは異なって、電界に対してmsオーダー以上の高速応答が可能である。また、SSFLCは、双安定状態のいずれかに一旦スイッチすると、電界が消滅してもその状態を保ついわゆるメモリ

性を持つことから、常に電圧を印加する必要はない。

【0009】以上のように、SSFLC型の液晶表示素子は、高速応答性とメモリ性という特徴を利用することにより、1走査線ごとに高速で表示内容を書き込んでおくことができ、単純マトリクス駆動で大容量のディスプレイを実現することが可能となり、壁掛けテレビへの応用も期待されている。

【0010】

【発明が解決しようとする課題】前述のSSFLC内の液晶分子の配列は、一様に、図8(a)に示すように、液晶層120がガラス基板121に対して垂直な状態にあるブックシェルフ構造をとることが理想的である。しかしながら、実際には、同図(b)に示すように、液晶層120がガラス基板121の法線に対して折れ曲がって「く」の字となる、いわゆるシェブロン構造をとる。このため、メモリ角が小さくなって透過光量が減少したり、反対方向に折れ曲がった層間でジグザグ欠陥と呼ばれる配向不良が出現し、コントラストの低下を招来するという問題が生じる。

【0011】この問題を解消するために、SmC\*相で電界処理を施し、液晶層を擬似ブックシェルフ構造に近い状態にする方法が、例えば、Y.Satoら("Japanese Journal of Applied Physics" Vol.28, No.3, March, 1989, pp.L483-L486参照)によって提案されている。しかし、この方法は、メモリ角を増加させるという点では効果的であるが、多数の線欠陥が発生してテクスチャが乱れたり、印加電場に対する応答速度が非常に遅くなる等の問題が生じるために、実際には有効な解決策とはなっていない。

【0012】本発明は、上記した事情を鑑みてなされたもので、液晶層を理想的なブックシェルフ構造に近づけることによってメモリ角を増加させる製造方法を提案し、明るく且つ高コントラストな液晶表示素子を提供することを目的としている。

【0013】

【課題を解決するための手段】上記の課題を解決するために、請求項1記載の液晶表示素子の製造方法は、一对の基板間に液晶材料を挟持し、加熱した後に徐冷することにより上記液晶材料を所望の相へ転移させる液晶表示素子の製造方法において、上記液晶材料として強誘電性液晶材料および反強誘電性液晶材料のいずれか一方を用いると共に、スメクティックA相からカイラルスメクティックC相への転移過程において、電傾効果を生じさせる交流電界を印加しながら徐冷することを特徴としている。

【0014】請求項1記載の製造方法によれば、強誘電性あるいは反強誘電性の液晶材料を一旦加熱した後に徐冷して所望の相へ転移させる降温過程において、シェブロン構造が発生するスメクティックA相からカイラルスメクティックC相への相転移過程において、電傾効果を

生じさせる交流電界を印加するという電界処理を施すことによって、強誘電性あるいは反強誘電性液晶の優れた駆動特性(低電圧駆動・高速応答性)を損なうことなく、シェブロン構造の層の傾斜角を抑制することができる。なお、ここでの傾斜角とは、基板の法線に対する層面の傾き角を指し、傾斜角が小さいほど層構造はブックシェルフ構造に近くなり、メモリ角が増加する。

【0015】ここで、上述の電傾効果について、図5を参照しながら説明する。電傾効果(Electroclinic Effect)とは、GaroffとMeyerによって発見され、カイラルな分子によって構成される液晶のSmA相において層面に平行な電場を印加すると、液晶分子の長軸が層法線方向から傾く現象である(S.Garoff and R.B.Meyer: Phys. Rev. Lett. 38 (1977) 848. 参照)。また、この電傾効果は、SmA相からSmC\*相への相転移点近傍において、転移前駆現象として顕著に観察されるものであり、SmC\*相における強誘電性の出現はこの電傾効果との関わりが深いことが知られている。

【0016】電傾効果が起こる理由は、分子の対称性に基づいて説明することができる。印加電場がない場合(図5においてE=0の場合)、SmA相の分子は、同図中に矢視する層法線方向と同じ向きに分子長軸を描き、それを軸に自由に回転しているため、層法線方向の単軸が対称軸として存在する。

【0017】しかし、層に平行な電場を印加すると、分子長軸に垂直な電気双極子モーメントが電場方向に配向し、分子長軸に関する自由回転は制約を受ける。なお、図5において、上記の電場は、紙面に対する法線方向に印加され、紙面裏側から表側へ向かう方向が正方向(+E)、紙面表側から裏側へ向かう方向が負方向(-E)であるものとする。電場が印加されると、層法線は対称軸ではなくなり、巨視的な分極Pが層と平行方向に生じる。ここでは、電場誘起傾き角 $\theta$ は、分極Pと線形結合しており(圧電性)、+Eの電場を印加すると、分子長軸は、電場方向を軸として+ $\theta$ 回転する(ソフトモード)。また、電場の向きを逆転して-Eの電場を印加すると分子長軸の回転方向も逆転し、- $\theta$ 回転する。すなわち、交流電界が印加されることによって電場Eの極性が交互に反転すると、液晶分子は、電場方向を法線とする平面内で、層法線に對称に $\pm\theta$ 方向に交互に傾くスイッチング動作を行うこととなる。

【0018】また、上記の電傾効果が、液晶の層面が基板法線に対して傾斜することを抑制し得る理由は、次のとおりであると考えられる。交流電界を印加しない場合は、降温に伴ってSmA相からSmC\*相に相転移する際に、液晶分子が層法線から傾くため層間隔が狭くなり、層が基板法線に対して傾斜したシェブロン構造が出現する。しかし、この時に、交流電界を印加することによって電傾効果を生じさせ、上述のように分子にスイッチング動作を行わせながら温度を下げて行くと、分子の

長軸が層法線方向を向く状態が瞬間的に存在しつつ相転移が行われることとなる。この結果、層間隔の減少が緩和され、層の傾斜が抑制されるものと考えられる。

【0019】なお、電傾効果は、SmA相からSmC\*相への相転移点の近傍で増大することが観測されており、請求項1記載の製造方法は、電傾効果が顕著になる温度範囲で交流電界の印加を行うので、層構造を理想的なブックシェルフ構造に近づけることが可能である。また、上記の温度範囲は、シェブロン構造が出現しようとする初期過程であるため、層の基板法線に対する傾斜角が小さく、比較的小さな電界エネルギーで層を基板に対して垂直に保つことが可能である。また、この電界処理によって、液晶分子の一樣な配向状態(C1U配向またはC2U配向)が実現され、均一なテクスチャーを得ることができるという利点も得られる。

【0020】以上のように、請求項1記載の製造方法によれば、液晶層の傾斜角が緩和されてメモリ角が拡大されることにより、明るく且つ高コントラストな液晶表示素子を提供することが可能となる。

【0021】請求項2記載の液晶表示素子の製造方法は、請求項1記載の製造方法において、上記交流電界の印加を開始するときの液晶材料の温度を $T_B$ 〔℃〕、上記交流電界の印加を終了するときの液晶材料の温度を $T_E$ 〔℃〕、上記液晶材料におけるスメクティックA相からカイラルスメクティックC相への相転移温度を $T_C$ 〔℃〕とすると、

$$T_C \leq T_B \leq T_C + 20 \quad \text{かつ} \quad T_C - 20 \leq T_E \leq T_C$$

を満たすと共に、上記交流電界の周波数が1Hz～10KHz、電場振幅が0.5～30V/μmであることを特徴としている。

【0022】強誘電性液晶および反強誘電性液晶は、スメクティックA相からカイラルスメクティックC相への相転移温度 $T_C$ 〔℃〕よりも20℃高い温度から、上記 $T_C$ よりも20℃低い温度までの範囲内で、電傾効果が顕著に発現する。このため、この温度範囲内で、周波数1Hz～10KHz、電場振幅0.5～30V/μmの交流電界の印加を行うことにより、スメクティックA相からの相転移の前駆現象としての電傾効果を有効に利用して、液晶層の基板法線に対する傾斜角を減少させることが可能となる。この結果、液晶の層構造をブックシェルフ構造に近づけることができ、明るくかつ高コントラストの液晶表示素子を提供することが可能となる。

【0023】

【発明の実施の形態】本発明の実施の一形態について図1ないし図4に基づいて説明すれば、以下のとおりである。なお、ここでは、液晶材料として負の誘電異方性を持つ強誘電性液晶材料を用いた液晶パネルを例に挙げ、その構成および製造方法について説明する。

【0024】本実施の形態に係る液晶パネルは、図2に

示すように、互いに対向する2枚のガラス基板1・2の間に、ガラス基板1・2の各々にストライプ状に配置された透明な信号電極3および走査電極5、透明な絶縁膜4・6、配向膜7・8、および液晶9を備えた構成である。

【0025】なお、ガラス基板1の外側には偏光板11が配置され、この偏光板11、ガラス基板1、信号電極3、絶縁膜4、および配向膜7によって、電極基板13が形成されている。同様に、偏光板12、ガラス基板2、走査電極5、絶縁膜6、および配向膜8によって、電極基板14が形成されている。液晶9は、貼り合わされた電極基板13および14の間に形成された空間内に充填され、封止剤10により封止されている。

【0026】なお、上記の偏光板11および12は、その偏光軸が互いに直交するように配置されている。また、電極基板13および14の間隔は、図示しないスペーサによって均一に保たれている。

【0027】次に、上記液晶パネルの主要な製造工程について、図1のフローチャートを参照しながら説明する。

【0028】まず、ガラス基板1・2のそれぞれの表面に、インジウム錫酸化物(ITO)を用いて膜厚100nmのストライプ状の信号電極3および走査電極5を形成する(第1工程、以下、S1のように表記する)。次に、それらの上に、SiO<sub>2</sub>を膜厚120nmで成膜して絶縁膜4・6を形成し、さらに、膜厚50nmのポリイミドからなる配向膜7・8を形成する(S2)。続いて、配向膜7・8の表面に対してラビング処理を行う(S3)。続いて、この2枚の基板に厚さ1.5μm程度のスペーサを挟んで貼り合わせ(S4)、貼り合わせた2枚の基板の間に負の誘電異方性をもつ強誘電性液晶材料を注入し、封止剤10を用いて封止する(S5)。

【0029】なお、上記の強誘電性液晶の相系列は下記のとおりである。下記のI相はアイソトロピック(Isotropic)相、N\*相はカイラルネマティック(Chiral Nematic)相、SmA相はスメクティック(Smectic)A相、SmC\*相はカイラルスメクティック(Chiral Smectic)C相である。

I相—(101℃)—N\*相—(89℃)—SmA相—(69℃)—SmC\*相

また、各相の間のかっこ内に示した温度は、各相間の転移温度である。

【0030】上記のS1～S5の工程で形成された液晶パネルを、強誘電性液晶材料がI相を呈する温度以上に加熱し(S6)、その後、1℃/minの速度で徐冷を行う降温過程に入る(S7)。この降温過程で、強誘電性液晶材料は、N\*相を経てSmA相へと相転移する。ここで、SmA相からSmC\*相への転移温度より15℃上から10℃下までの間、すなわち84℃から59℃の間で、周波数10Hz、電圧20Vの交流電界を印加しな



がら、 $0.1^{\circ}\text{C}/\text{min}$  の速度で徐冷を行う (S8)。液晶材料の温度が  $59^{\circ}\text{C}$  よりも低くなった後は、 $1^{\circ}\text{C}/\text{min}$  の速度で室温まで徐冷を行うことにより、液晶材料は、一様な C2U (C2-Uniform) 配向を示す SmC\* 相を呈する液晶 9 となる (S9)。以上の S1~S9 の工程により、強誘電性液晶パネルが作成される。

【0031】次に、以上のような工程で作製した強誘電性液晶パネルの駆動方法について説明する。本実施形態の強誘電性液晶パネルに用いられた強誘電性液晶は、前記したように、負の誘電異方性を有している。負の誘電異方性をもつ強誘電性液晶は、印加電圧に対する応答時間すなわちスイッチングに要する最小のパルス幅が、極小値をもつといういわゆる  $\tau-V_{\text{min}}$  特性を有することが知られている。

【0032】この特性を利用した駆動方法の一つとして、負の誘電異方性をもつ強誘電性液晶に対して、非選択時に AC バイアス電場を印加することにより、分子の揺らぎが抑制されてメモリ角が広がり (AC スタビライズ効果)、高コントラストかつ高明度な液晶表示パネルを実現する駆動方法が報告されている (J.C.Jones, M.J.Towler and E.P.Raynes: Ferroelectrics 121(1991)91)。

【0033】この駆動方法には、C1U 配向または C2U 配向のいずれかを利用することができる。C2U 配向は、C1U 配向に比較して、分子の揺らぎが大きく、メモリ角も小さいという点で若干不利であるが、駆動可能な温度域が室温付近で広く、応答速度も速いという優れた特徴を有している。上記の駆動方法において、特に C2U 配向を利用する方法を、 $\tau-V_{\text{min}}$  モードと呼ぶ。

【0034】 $\tau-V_{\text{min}}$  モードでは、マトリクス型の電極において、走査電極にはパルス電圧 ( $\pm V_s$ ) を順次印加し、信号電極には求められる表示状態に応じた波形のバイアス電圧 ( $\pm V_d$ ) を印加する。表示状態を書き換えるときには、プレパルスに続いて同極性の書き換えパルスが印加され、書き換えないときには逆極性の非書き換えパルスが印加される。非書き換え時には書き換え時よりも高い電圧が印加されるのが特徴である。この  $\tau-V_{\text{min}}$  モードによれば、駆動速度の高速化、広い動作温度範囲の点で有利で、さらに AC スタビライズ効果によって高いコントラストを得ることが可能である。

【0035】図3は、本実施形態の強誘電性液晶パネルの AC スタビライズ効果、すなわち印加バイアス電圧に対するメモリ角の値を測定した結果を示すグラフである。なお、ここでは、印加バイアス電圧の周波数を 100 KHz として測定を行った。また、比較のために、後述の比較例1および2に示すとおりで作製した液晶パネルについても、同様に測定を行い、その結果を図3のグラフ中に対比させて示した。

【0036】図4は、本実施形態の液晶パネル、および、比較例1または比較例2の方法で作製した液晶パネ

ルのそれぞれについて、印加バイアス電圧が無いときのメモリ角と最小の応答時間との対応を示すグラフである。

【0037】〔比較例1〕上記の S1~S5 の工程で形成された液晶パネルを、強誘電性液晶材料が I 相を呈する温度以上に加熱し、その後、 $1^{\circ}\text{C}/\text{min}$  の速度で室温まで徐冷した。すなわち、この比較例で作製された液晶パネルには、上述の電界処理は施されていない。

【0038】〔比較例2〕上記の S1~S5 の工程で形成された液晶パネルを、強誘電性液晶1が I 相を示す温度以上に加熱した後に、 $1^{\circ}\text{C}/\text{min}$  の速度で室温まで徐冷した。その後、室温の SmC\* 相で、周波数 10 Hz、電圧 20 V の交流電界を印加した。

【0039】まず、本実施形態の液晶パネルと、電界処理を施さなかった比較例1の液晶パネルとの比較を行う。図3から明らかなように、本実施形態の液晶パネルのメモリ角は、比較例1の液晶パネルに比べると、5度程度広がっている。また、図4から明らかなように、本実施形態の液晶パネルの応答時間は、比較例1の液晶パネルとほぼ同等である。すなわち、電界処理を施した結果、応答速度を低下させることなくメモリ角を増大させることができた。さらに、本実施形態の液晶パネルは、一様な C2U 配向が観察され、これによって、比較例1の液晶パネルに比べて高いコントラストが実現されていることが確認できた。

【0040】次に、本実施形態の液晶パネルと、SmC\* 相で電界処理を行った比較例2の液晶パネルとの比較を行う。図3から明らかなように、比較例2の液晶パネルは、本実施形態の液晶パネルよりもさらに広いメモリ角を有している。しかし、図4から、比較例2の液晶パネルは、応答時間が著しく増大してしまうことがわかる。さらに、比較例2の液晶パネルは、実際に画像表示を行わせると、スイッチング不良を起こす領域や多数の線欠陥が存在することも観察され、表示素子としての実用化は困難であると考えられる。

【0041】すなわち、本実施形態で説明した製造方法による液晶パネルは、比較例1および2との比較から明らかなように、高い応答速度と広いメモリ角を有すると共に、高コントラストが得られる等の理由から表示装置に適していると言われる一様な C2U 配向を実現することができた。

【0042】以上のように、本実施形態の液晶パネルは、SmA 相から SmC\* 相への転移温度近傍で、低周波数、高電圧の交流電界を印加しながら徐冷する工程を含む製造方法により、シェブロン構造の層傾斜角が緩和され、理想的なブックシェルフ構造に近い層構造を有している。この結果、明るく且つ高コントラストの液晶パネルが実現されるという効果を奏する。

【0043】なお、上記の S8 では、交流電界を印加する間の徐冷速度は、S7 あるいは S9 の  $1^{\circ}\text{C}/\text{min}$  に比

較して低い値(0.1℃/min)に設定されているが、S7あるいはS9と同等の速度であっても良い。しかし、上記S8のように、所定の温度範囲で電界処理を行う場合に徐冷速度を遅くして、電界処理を行う時間を長くとした方が、液晶層の傾斜角を減少させるという点でより顕著な効果を奏することが確認された。

【0044】さらに、上記のS8で印加する交流電界について、好適な周波数の範囲は1Hz~10KHzであり、好適な電場振幅の範囲は0.5~30V/μmである。すなわち、SmA相からSmC\*相への相転移温度よりも20℃高い温度から20℃低い温度までの範囲において、上述の条件を満たす交流電界を印加することによって、シェブロン構造の層傾斜角が緩和され、欠陥のない均一なテクスチャーを有する配向状態が実現される。

【0045】なお、上記した実施の形態は、本発明を限定するものではなく、発明の範囲内で種々の変更が可能である。例えば、上記では、液晶材料として強誘電性液晶を用いる例を説明したが、これに限らず、電傾効果が観測されるSmA相からSmC\*相への相転移が見られる強誘電性あるいは反強誘電性液晶に対して上述の電界処理を適用することができ、同様の効果を奏する。また、前記した強誘電性液晶の相系列および各相間の転移温度はあくまでも一例であり、材料組成によって種々の相系列および相転移温度をとり得る。

【0046】また、SmC\*相には、SmC<sub>sp</sub>\* (sp=A、α、βあるいはγ等)のように表記される様々なサブフェイズが存在することが知られているが、このようなサブフェイズの種類に関わらず、上述の電界処理を適用して同様の効果を得ることができる。

【0047】また、図2に示したように、ガラス基板を用いた構成を例示したが、ガラスに限らず、透光性および絶縁性に優れた材料を用いることができる。

【0048】

【発明の効果】以上のように、請求項1記載の液晶表示素子の製造方法は、液晶材料として強誘電性液晶材料および反強誘電性液晶材料のいずれか一方を用いると共に、スメクティックA相からカイラルスメクティックC相への転移過程において、電傾効果を生じさせる交流電界を印加しながら徐冷することの特徴とする。

【0049】これにより、液晶分子が層法線方向を軸としたスイッチング動作を行いながら相転移が生じるので、相転移の際の層間隔の減少が抑制される。この結果、カイラルスメクティックC相における液晶層の構造が理想的なブックシェルフ構造に近づくと共に、より均一な配向状態が実現され、明るく且つ高コントラストの液晶表示素子を提供することが可能となるという効果を奏する。

【0050】請求項2記載の液晶表示素子の製造方法は、交流電界の印加を開始するときの液晶材料の温度を

T<sub>B</sub>〔℃〕、上記交流電界の印加を終了するときの液晶材料の温度をT<sub>E</sub>〔℃〕、上記液晶材料におけるスメクティックA相からカイラルスメクティックC相への相転移温度をT<sub>C</sub>〔℃〕とすると、  
 $T_C \leq T_B \leq T_C + 20$  かつ  $T_C - 20 \leq T_E \leq T_C$

を満たすと共に、上記交流電界の周波数が1Hz~10KHz、電場振幅が0.5~30V/μmであることを特徴とする。

【0051】このように、強誘電性液晶あるいは反強誘電性液晶の電傾効果が顕著に発現する温度範囲で電界処理を行うことによって、液晶層の基板法線に対する傾斜角を小さくすることができる。この結果、明るくかつ高コントラストの液晶表示素子を提供することが可能となるという効果を奏する。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施の一形態に係る液晶パネルの製造方法の主要な工程を示すフローチャートである。

【図2】上記液晶パネルの概略構造を示す断面図である。

【図3】上記液晶パネルにおける印加バイアス電圧に対するメモリ角を測定し、2つの比較例と共に示したグラフである。

【図4】上記液晶パネルにおけるメモリ角と最小の応答時間との対応を、2つの比較例と共に示したグラフである。

【図5】交流電界を印加することで液晶分子の長軸が層法線方向から傾く電傾効果を示す模式図である。

【図6】同図(a)は強誘電性を呈するSmC\*相の液晶分子の配列を示す模式図、同図(b)はヘリカルピッチより薄いセルにおいて液晶分子の螺旋が解けた場合であって、紙面に対して垂直かつ紙面裏側から表側へ向かう方向に電界が印加されたときの分子配置を、各液晶分子の電気双極子モーメントの向きと共に示す模式図である。

【図7】表面安定化型強誘電性液晶表示素子の動作原理を示す模式図である。

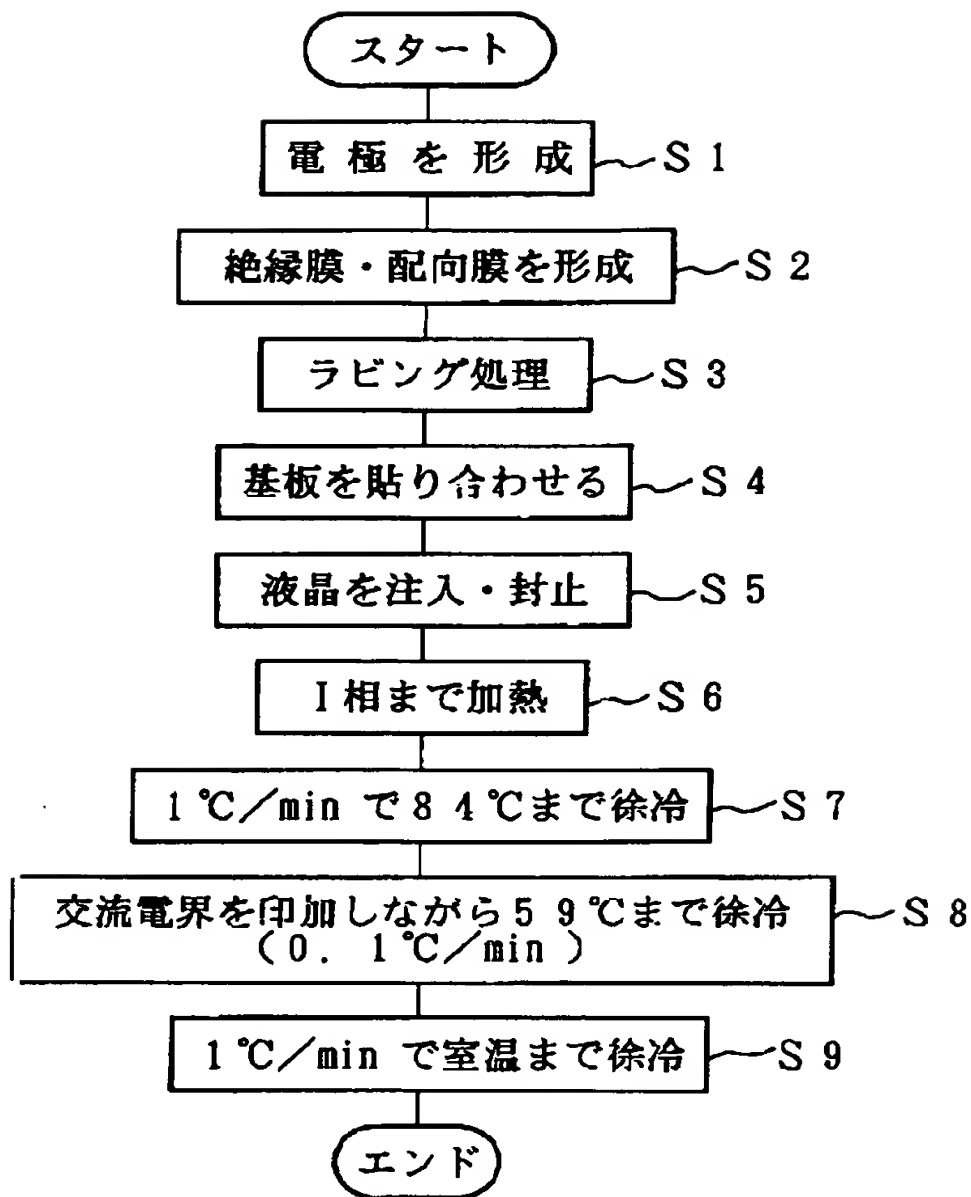
【図8】同図(a)はSmC\*相におけるブックシェルフ構造を示す模式図、同図(b)はSmC\*相におけるシェブロン構造を示す模式図である。

【符号の説明】

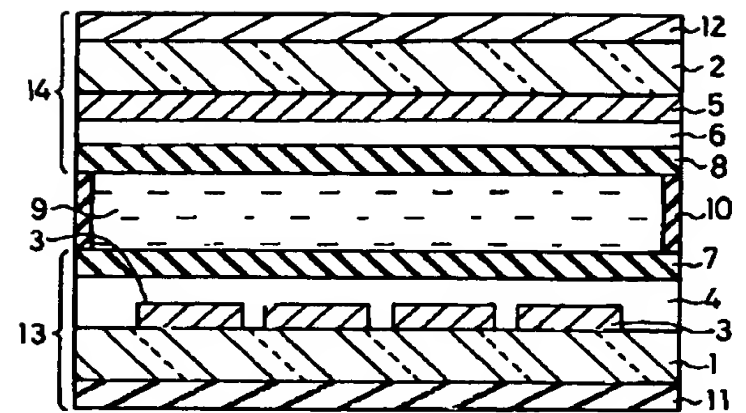
- 1・2 ガラス基板
- 3 信号電極
- 4・6 絶縁膜
- 5 走査電極
- 7・8 配向膜
- 9 液晶
- 11・12 偏光板
- 13・14 電極基板(基板)



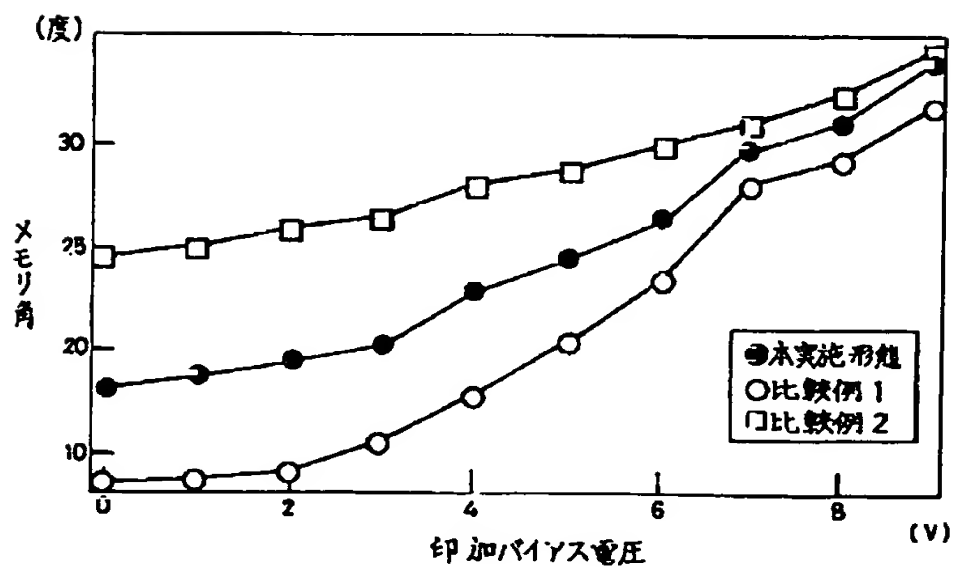
【図1】



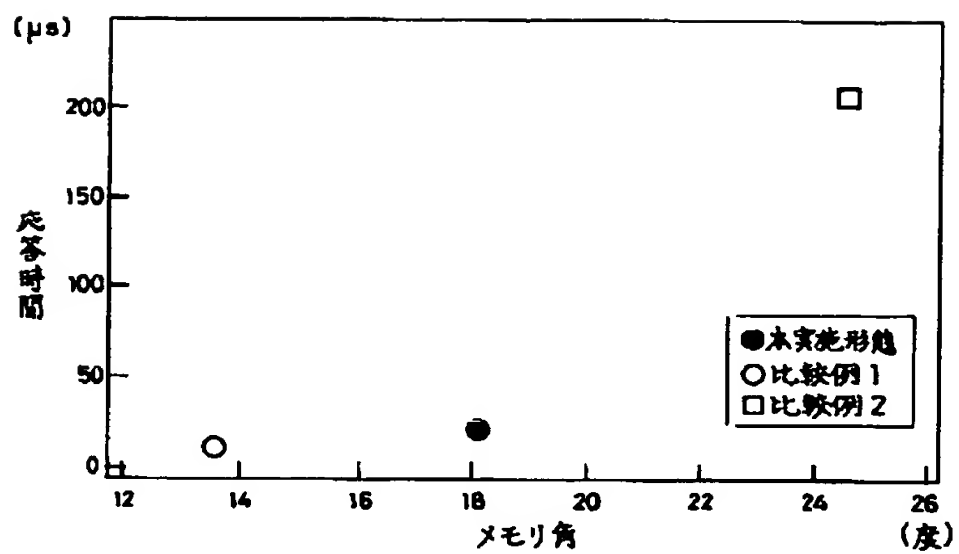
【図2】



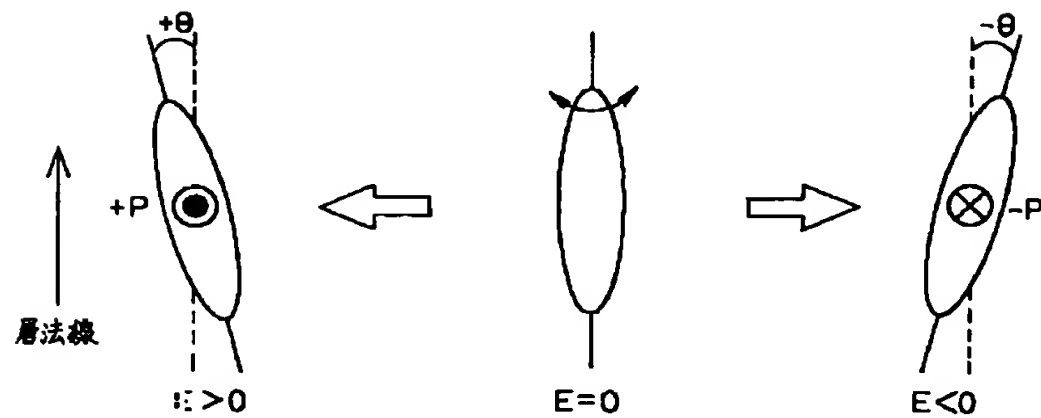
【図3】



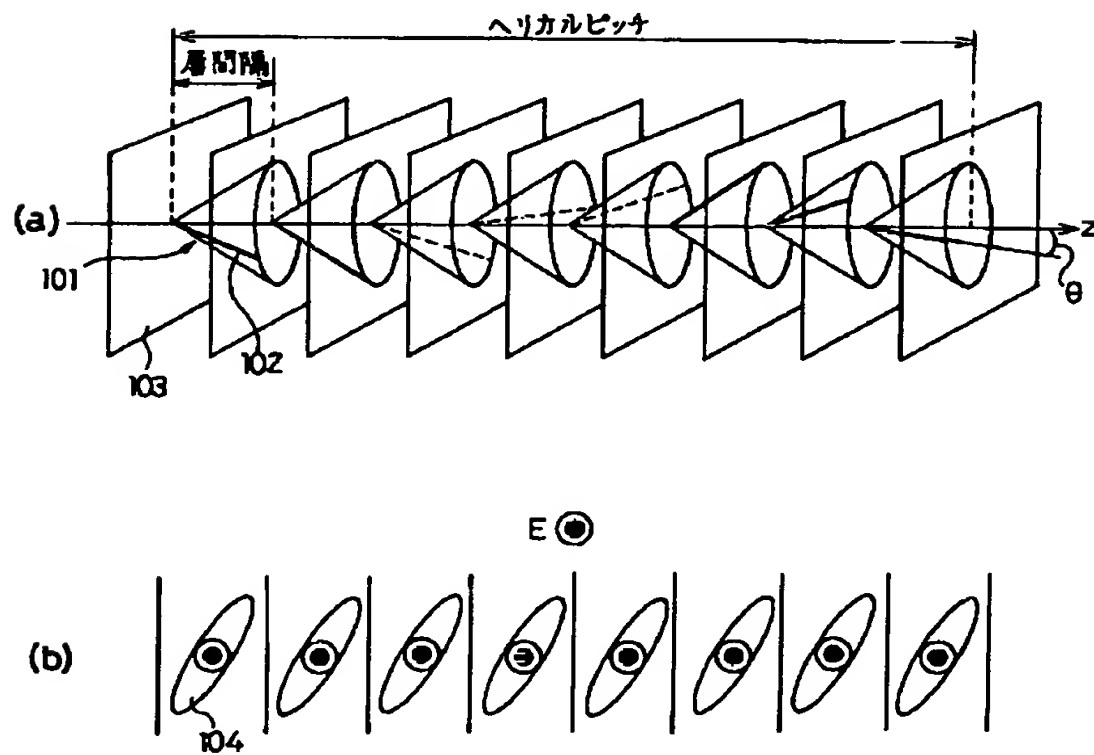
【図4】



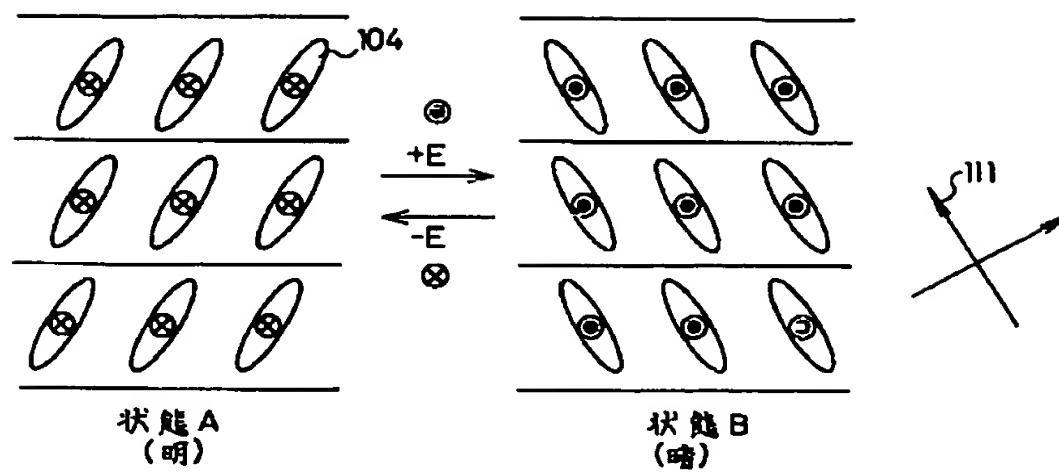
【図5】



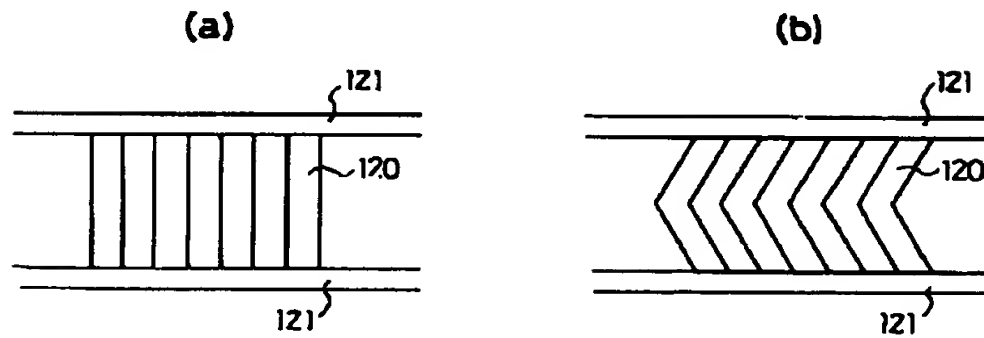
【図6】



【図7】



【図8】



フロントページの続き

(71)出願人 390040604  
イギリス国  
THE SECRETARY OF ST  
ATE FOR DEFENCE IN  
HER BRITANNIC MAJES  
TY'S GOVERNMENT OF  
THE UNETED KINGDOM  
OF GREAT BRITAIN AN  
D NORTHERN IRELAND  
イギリス国 ハンプシャー ジーユー14  
0エルエックス ファーンボロー アイヴ  
ェリー ロード(番地なし) ディフェン  
ス エヴァリュエイション アンド リサ  
ーチ エージェンシー

(72)発明者 酒匂 禎裕  
大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シ  
ャープ株式会社内  
(72)発明者 伊藤 信行  
大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シ  
ャープ株式会社内  
(72)発明者 向殿 充浩  
大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シ  
ャープ株式会社内  
(72)発明者 ジョン クリフォード ジョーンズ  
イギリス国、ウースターシャー ダブリュ  
アール4 3ビーエス、モルヴァーン、セ  
ント アンドリュース ロード(番地な  
し)、ディフェンス リサーチ エージェ  
ンシー内

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**